

МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ ТРАДИЦІЙНИХ КРИТЕРІЇВ

Khavruk V. O., Національний транспортний університет, Київ, Україна, khavruk@gmail.com, orcid.org/0000-0002-4686-4109

MODEL OF MANAGEMENT OF STOCKS UNDER CONDITIONS OF UNCERTAINTY WITH THE USE OF TRADITIONAL CRITERIA

Khavruk V. O., National Transport University, Kyiv, Ukraine, khavruk@gmail.com, orcid.org/0000-0002-4686-4109

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРАДИЦИОННЫХ КРИТЕРИЕВ

Khavruk V. A., Национальный транспортный университет, Киев, Украина, khavruk@gmail.com, orcid.org/0000-0002-4686-4109

Постановка проблеми.

Завдання аналізу й вибору ефективних рішень в умовах невизначеності при оптимізації систем управління ланцюгами постачань є винятково важливими.

При оптимізації параметрів моделей управління запасами усе більш затребуваними стають методи теорії прийняття рішень в умовах невизначеності. Це обумовлюється, передусім, необхідністю враховувати вплив різних зовнішніх випадкових чинників [1; 2].

Оскільки ці випадкові чинники дуже різноманітні, мають широке поширення і часто ймовірність настання таких випадкових подій відсутня, то використовують методи прийняття рішень в умовах невизначеності. Крім того, ці методи дозволяють менеджерам знаходити оптимальне рішення з урахуванням наявної системи переваг у особи, яка приймає рішення (ОПР). Це також істотно відбивається на затребуваності вказаних методів.

Аналіз літературних джерел свідчить, що проблема управління запасами є важливою і актуальною, яку розглядають з точки зору вибору оптимальних рішень, які приймають спеціалісти відділів логістики. Прийняття рішень, як правило, здійснюється в умовах невизначеності. Теорію прийняття рішень в умовах невизначеності і ризиків досліджують такі відомі науковці, як: Еддоус М., Стенсфілд Р. [3]; Мушик Э., Мюллер П. [4]; Бродецький Г. Л. [5; 6], А. И. Орлов [7], Розен В. В. [8] та інші.

При цьому, в науковій літературі більше уваги приділяється створенню страхових запасів як захисту від невизначеності і менше уваги надається методології прийняття рішень в умовах невизначеності. Зважаючи на це, доцільно провести додаткові дослідження даної проблематики.

Метою статті є аналіз моделі управління запасами в умовах невизначеності і з'ясування традиційних критеріїв на основі яких приймаються відповідні рішення.

Виклад основного матеріалу.

Методологія теорії прийняття рішень в умовах невизначеності припускає формалізацію сценарного підходу (для параметрів, значення яких заздалегідь не відомі). У форматі конкретних сценаріїв для випадкових подій менеджерів, якраз, і потрібні класичні формули, щоб орієнтувати особу, що приймає рішення (ОПР) на формалізацію економічно обґрунтованих стратегій, серед яких вимагається знаходити оптимальне рішення.

Основними етапами і процедурами для знаходження оптимального рішення при організації роботи системи управління запасами є: 1) формування повної групи подій; 2) формування переліку аналізованих альтернативних рішень ОПР; 3) побудова матриці корисності; 4) використання стратегії прийняття рішення на основі обраного критерію. Перші два етапи детально розглядаються в дослідженнях Бродецького Г. Л. [5, с. 230-235]. Проаналізуємо третій і четвертий етапи, які є найважливішими для прийняття відповідних рішень.

При наявності двох альтернативних постачальників ідентичної продукції, вихідними даними є: накладні витрати на кожне постачання і ціна продукції у постачальників; річні витрати на зберігання

і річне споживання продукції; ціна реалізації одиниці продукції. Повна група подій буде включати 16 подій, на основі яких можливо виділити шість альтернативних рішень. Після цього проводиться побудова матриці корисності, для прикладу розглянемо дані, наведені в [5, с. 235]. При розрахунках прибутку, який відповідає реалізації якої-небудь з подій $\{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_{16}\}$ використовуються значення середин тих інтервалів, які характеризують відповідну зміну невідомих параметрів моделі управління запасами. Тому щодо кожної з вказаних подій представимо відповідні показники річного споживання і ціни реалізації продукції, які мають бути використані в розрахунках загального річного прибутку P_{ij} при формалізації матриці корисності: для ситуації $\theta_1 - (8000 \text{ і } 3,2)$; для ситуації $\theta_2 - (12000 \text{ і } 3,2)$; для ситуації $\theta_3 - (8000 \text{ і } 3,6)$; для ситуації $\theta_4 - (12000 \text{ і } 3,6)$; для ситуації $\theta_5 - (8000 \text{ і } 3,2)$; для ситуації $\theta_6 - (12000 \text{ і } 3,2)$; для ситуації $\theta_7 - (8000 \text{ і } 3,6)$; для ситуації $\theta_8 - (12000 \text{ і } 3,6)$; для ситуації $\theta_9 - (8000 \text{ і } 3,2)$; для ситуації $\theta_{10} - (12000 \text{ і } 3,2)$; для ситуації $\theta_{11} - (8000 \text{ і } 3,6)$; для ситуації $\theta_{12} - (12000 \text{ і } 3,6)$; для ситуації $\theta_{13} - (8000 \text{ і } 3,2)$; для ситуації $\theta_{14} - (12000 \text{ і } 3,2)$; для ситуації $\theta_{15} - (8000 \text{ і } 3,6)$; для ситуації $\theta_{16} - (12000 \text{ і } 3,6)$.

Відповідна матриця корисності $A = (P_{ij})$ представлена в табл. 1. Зауважимо, зокрема що показники очікуваного річного прибутку ($P_{11} - P_{16}$) для першого рядка вказаної матриці корисності (тобто стосовно події θ_1 , причому відповідно при рішеннях $X_1 - X_6$) розраховувалися з обліком наступних особливостей.

Якщо настає подія θ_1 (тобто подія, представлена ситуацією $- D \in [6000, 10000)$, $C_s \in [3; 3, 4)$; $\alpha_{I+}=1$; $\alpha_{II+}=1$, коли річне споживання низьке при низькій ціні реалізації одиниці продукції, причому додаткові втрати прибутку, обумовлені претензіями до якості продукції обох постачальників відсутні), то при рішенні X_1 (в рамках якого ОПП орієнтується на передбачуване річне споживання D_2 , причому постачання передбачаються тільки від першого постачальника партіями обсягом

$q_1^* = \sqrt{\frac{2C_{01}D_2}{C_h}} = 730$) для відповідної величини річного прибутку отримуємо:

$$P_{11} = \alpha_{I+} \cdot C_{s2} \cdot D_2 - C_{01} \cdot D_2 / q_1^* - C_h \cdot q_1^* / 2 - C_{II+} \cdot D_2 = 1 \cdot 3,2 \cdot 8000 - 20 \cdot 8000 / 730 - 0,6 \cdot 730 / 2 - 3 \cdot 8000 = 1161,8.$$

Таблиця 1 – Матриця корисності для розглядуваної моделі [5, с. 235]

Table 1 – Matrix of utility for the model under consideration [5, p. 235]

Подія	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
θ_1	1161,8	5220,5	3021,8	1152,2	5213,2	3009,9
θ_2	1852,2	7925,3	4678,2	1863,3	7935,2	4691,9
θ_3	4361,8	8420,5	6221,8	4353,2	8413,2	6209,9
θ_4	6652,2	12725,3	9478,2	6663,3	12735,2	9491,9
θ_5	-1398,2	5220,5	1741,8	-1407,8	5213,2	1729,9
θ_6	-1987,8	7925,3	2758,2	-1976,7	7935,2	2771,9
θ_7	1481,8	8420,5	4781,8	1472,2	8413,2	4769,9
θ_8	2332,2	12725,3	7318,2	2343,3	12735,2	7331,9
θ_9	1161,8	-5019,5	-2098,2	1153,2	-5026,8	-2110,1
θ_{10}	1852,2	-7434,7	-3001,8	1863,3	-7424,8	-2988,1
θ_{11}	4361,8	-3099,5	461,8	4353,2	-3106,8	449,9
θ_{12}	6652,2	-4554,7	838,2	6663,3	-4544,8	851,9
θ_{13}	-1398,2	-5019,5	-3378,2	-1406,8	-5026,8	-3390,1
θ_{14}	-1987,8	-7434,7	-4921,8	-1976,7	-7424,8	-4908,1
θ_{15}	1481,8	-3099,5	-978,2	1473,2	-3106,8	-990,1
θ_{16}	2332,2	-4554,7	-1321,8	2343,3	-4544,8	-1308,1

Для інших елементів цього рядка матриці корисності, використовуючи аналогічний підхід, легко отримуємо наступні рівності:

$$P_{12} = \alpha_{I+} \cdot C_{s2} \cdot D_2 - C_{02} \cdot D_2 / q_2^* - C_h \cdot q_2^* / 2 - C_{II+} \cdot D_2 = 1 \cdot 3,2 \cdot 8000 - 15 \cdot 8000 / 630 - 0,6 \cdot 630 / 2 - 2,5 \cdot 8000 = 5520,5$$

$$P_{13} = (\alpha_{I+} + \alpha_{II+}) / 2 \cdot C_{s2} \cdot D_2 - C_{01} \cdot D_2 / (2 q_{3a}^*) - C_{02} \cdot D_2 / (2 q_{3b}^*) - C_h \cdot (q_{3a}^* + q_{3b}^*) / 2 - (C_{II+} + C_{I+}) / 2 \cdot D_2 = (1+1) / 2 \cdot 3,2 \cdot 8000 - 20 \cdot 8000 \cdot (2 \cdot 520) - 15 \cdot 8000 \cdot (2 \cdot 450) - 0,6 \cdot 970 / 2 - (3+2,5) / 2 \cdot 8000 = 3021,8.$$

$$P_{14} = \alpha_{1+} \cdot C_{s2} D_2 - C_{01} \cdot D_2 / q_4^* - C_h \cdot q_4^* / 2 - C_{П1} \cdot D_2 = 1 \cdot 3,2 \cdot 8000 - 20 \cdot 8000 / 900 - 0,6 \cdot 900 / 2 - 3 \cdot 8000 = 1152,2.$$

$$P_{15} = \alpha_{1+} \cdot C_{s2} \cdot D_2 - C_{02} \cdot D_2 / q_5^* - C_h \cdot q_5^* / 2 - C_{П2} \cdot D_2 = 1 \cdot 3,2 \cdot 8000 - 15 \cdot 8000 / 770 - 0,6 \cdot 770 / 2 - 2,5 \cdot 8000 = 5213,2$$

$$P_{16} = (\alpha_{1+} + \alpha_{П+}) / 2 \cdot C_{s2} \cdot D_2 - C_{01} \cdot D_2 / (2 q_{6a}^*) - C_{02} \cdot D_2 / (2 q_{6b}^*) - C_h (q_{6a}^* + q_{6b}^*) / 2 - (C_{П1} + C_{П2}) / 2 \cdot D_2 = (1+1) / 2 \cdot 3,2 \cdot 8000 - 20 \cdot 8000 / (2 \cdot 630) - 15 \cdot 8000 / (2 \cdot 550) - 0,6 \cdot 1180 / 2 - (3+2,5) / 2 \cdot 8000 = 3009,9. \text{ (для } P_{13} \text{ і } P_{16} \text{ вже виконані операції групування окремих доданків) [5, с. 234-235].}$$

При розрахунку інших рядків були використані рекомендовані правила підстановки параметрів [5, с. 229], що дозволяють швидко і легко визначати інші елементи матриці корисності на основі вже отриманих виразів для $P_{11} - P_{16}$. Результати розрахунків зведені відповідно в табл. 1.

Вибір оптимальної стратегії з урахуванням позиції ОПР до невизначеності кінцевого результату може здійснюватися на основі традиційних критеріїв. Вибір на основі максимінного критерію (ММ-критерій або критерій Вальда). Цільова функція максимінного критерію [5, с. 235; 9; 10]:

$$Z_{MM} = \max_j \{K_j\}, \quad (1)$$

$$\text{де } K_j = \min_i \{a_{ij}\}$$

(тут враховано, що для даної моделі матриця корисності транспонована).

Відповідні процедури оптимізації рішення у рамках цього критерію припускають:

- введення додаткового рядка для матриці корисності;
- її елементи (по стовпцях) заповнюються найгіршим показником (найменшим значенням прибутку для відповідного рішення);
- з усіх таких показників додаткового рядка визначається самий кращий (найбільший за величиною прибутку);
- відповідне рішення приймається в якості найкращого/оптимального.

Реалізація вказаних процедур представлена в табл. 2 [5, с. 236].

Таблиця 2 – Вибір найкращого рішення на основі максимінного критерію [5, с. 236]

Table 2 – Choosing the best solution based on the maximizing criterion [5, p. 236]

Подія	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
θ_1	1161,8	5220,5	3021,8	1152,2	5213,2	3009,9
θ_2	1852,2	7925,3	4678,2	1863,3	7935,2	4691,9
θ_3	4361,8	8420,5	6221,8	4353,2	8413,2	6209,9
θ_4	6652,2	12725,3	9478,2	6663,3	12735,2	9491,9
θ_5	-1398,2	5220,5	1741,8	-1407,8	5213,2	1729,9
θ_6	-1987,8	7925,3	2758,2	-1976,7	7935,2	2771,9
θ_7	1481,8	8420,5	4781,8	1472,2	8413,2	4769,9
θ_8	2332,2	12725,3	7318,2	2343,3	12735,2	7331,9
θ_9	1161,8	-5019,5	-2098,2	1153,2	-5026,8	-2110,1
θ_{10}	1852,2	-7434,7	-3001,8	1863,3	-7424,8	-2988,1
θ_{11}	4361,8	-3099,5	461,8	4353,2	-3106,8	449,9
θ_{12}	6652,2	-4554,7	838,2	6663,3	-4544,8	851,9
θ_{13}	-1398,2	-5019,5	-3378,2	-1406,8	-5026,8	-3390,1
θ_{14}	-1987,8	-7434,7	-4921,8	-1976,7	-7424,8	-4908,1
θ_{15}	1481,8	-3099,5	-978,2	1473,2	-3106,8	-990,1
θ_{16}	2332,2	-4554,7	-1321,8	2343,3	-4544,8	-1308,1
K_j	-1987,8	-7434,7	-4921,8	-1976,7	-7424,8	-4908,1

Найкраще для ОПР рішення при використанні максимінного критерію – рішення X_4 . Найближче, практично еквівалентне йому, альтернативне рішення у рамках цього критерію – рішення X_1 . Обидва ці рішення надають перевагу надійнішому постачальникові відносно можливих втрат прибутку, обумовлених претензіями до якості товару. Зауважимо, що такий вибір зроблений навіть незважаючи на дешевші постачання від іншого постачальника.

Необхідно вказати, що особливістю максимінного критерію є те, що вибране ним рішення забезпечує самий кращий гарантований результат, але тільки стосовно самого поганого варіанту

розвитку подій. Зрозуміло, такий підхід до ухвалення рішень відповідає крайній песимістичній позиції ОПР, оскільки при цьому можна втратити в прибутку стосовно багатьох можливих її реалізаціях при інших рішеннях.

Вибір на основі оптимістичного критерію (Н-критерій або критерій максимакса). Цільова функція оптимістичного критерію [5, с. 236; 9; 10]:

$$Z_H = \max_j \{K_j\}, \quad (2)$$

$$\text{де } K_j = \max_i \{a_{ij}\}$$

Відповідні процедури оптимізації рішення у рамках цього критерію припускають:

- введення додаткового рядка для матриці корисності;
- її елементи (по стовпцях) заповнюються самим хорошим показником (найбільшим значенням прибули для відповідного вирішення);
- з усіх таких показників додаткового рядка визначається самий кращий (найбільший за величиною прибутку);
- відповідне рішення приймається в якості найкращого.

Реалізація вказаних процедур представлена в табл. 3.

Найкраще для ОПР рішення при використанні оптимістичного критерію – рішення X_5 . Практично еквівалентним йому у рамках цього критерію можна рахувати рішення X_2 (порівняєте їх показники в останньому рядку табл. 3. Обидва ці рішення орієнтують ОПР на постачальника, для якого витрати на постачання і вартість товару будуть найменшими. Це, – незважаючи на можливі значніші витрати через якість товару, які у рамках цього критерію не враховуються. Іншими словами, неявно мається на увазі, що, вибираючи такий критерій ОПР, розраховує саме на сприятливий результат.

Необхідно зауважити, що особливістю вибору за оптимістичним критерієм є наступне. Обране цим критерієм рішення забезпечує найбільший з можливих результат прибутку. Але реалізація такого результату припускає відповідну реалізацію тільки найбільш сприятливої випадкової події з повної групи подій. Зрозуміло, роблячи ставку на таку окрему випадкову подію у рамках цього критерію (у нашому прикладі це були дві події θ_4 і θ_8) ОПР може значно втратити прибуток при можливих її несприятливих реалізаціях стосовно багатьох інших випадкових подій при інших рішеннях. Зокрема, зверніть увага на прибуток, що відповідає рішенню X_5 , при реалізації подій θ_9 , θ_{10} , θ_{13} , θ_{14} . Тим не менш, вибираючи такий критерій, ОПР як би вважає, що настане саме сприятлива подія.

Таблиця 3 – Вибір найкращого рішення на основі оптимістичного критерію [5, с. 237]

Table 3 – Choosing the best solution based on an optimistic criterion [5, p. 237]

Подія	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
θ_1	1161,8	5220,5	3021,8	1152,2	5213,2	3009,9
θ_2	1852,2	7925,3	4678,2	1863,3	7935,2	4691,9
θ_3	4361,8	8420,5	6221,8	4353,2	8413,2	6209,9
θ_4	6652,2	12725,3	9478,2	6663,3	12735,2	9491,9
θ_5	-1398,2	5220,5	1741,8	-1407,8	5213,2	1729,9
θ_6	-1987,8	7925,3	2758,2	-1976,7	7935,2	2771,9
θ_7	1481,8	8420,5	4781,8	1472,2	8413,2	4769,9
θ_8	2332,2	12725,3	7318,2	2343,3	12735,2	7331,9
θ_9	1161,8	-5019,5	-2098,2	1153,2	-5026,8	-2110,1
θ_{10}	1852,2	-7434,7	-3001,8	1863,3	-7424,8	-2988,1
θ_{11}	4361,8	-3099,5	461,8	4353,2	-3106,8	449,9
θ_{12}	6652,2	-4554,7	838,2	6663,3	-4544,8	851,9
θ_{13}	-1398,2	-5019,5	-3378,2	-1406,8	-5026,8	-3390,1
θ_{14}	-1987,8	-7434,7	-4921,8	-1976,7	-7424,8	-4908,1
θ_{15}	1481,8	-3099,5	-978,2	1473,2	-3106,8	-990,1
θ_{16}	2332,2	-4554,7	-1321,8	2343,3	-4544,8	-1308,1
K_j	6652,2	12725,3	9478,2	6663,3	12735,2	9491,9

Вибір на основі нейтрального критерію (N-критерій). Цільова функція нейтрального критерію [5, с. 237; 9; 10]:

$$Z_N = \max_j \{K_j\}, \quad (3)$$

$$\text{де } K_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{ij}$$

Таблиця 4 – Вибір найкращого рішення на основі нейтрального критерію [5, с. 238]
Table 4 – Choosing the best solution based on a neutral criterion [5, p. 238]

Подія	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
θ_1	1161,8	5220,5	3021,8	1152,2	5213,2	3009,9
θ_2	1852,2	7925,3	4678,2	1863,3	7935,2	4691,9
θ_3	4361,8	8420,5	6221,8	4353,2	8413,2	6209,9
θ_4	6652,2	12725,3	9478,2	6663,3	12735,2	9491,9
θ_5	-1398,2	5220,5	1741,8	-1407,8	5213,2	1729,9
θ_6	-1987,8	7925,3	2758,2	-1976,7	7935,2	2771,9
θ_7	1481,8	8420,5	4781,8	1472,2	8413,2	4769,9
θ_8	2332,2	12725,3	7318,2	2343,3	12735,2	7331,9
θ_9	1161,8	-5019,5	-2098,2	1153,2	-5026,8	-2110,1
θ_{10}	1852,2	-7434,7	-3001,8	1863,3	-7424,8	-2988,1
θ_{11}	4361,8	-3099,5	461,8	4353,2	-3106,8	449,9
θ_{12}	6652,2	-4554,7	838,2	6663,3	-4544,8	851,9
θ_{13}	-1398,2	-5019,5	-3378,2	-1406,8	-5026,8	-3390,1
θ_{14}	-1987,8	-7434,7	-4921,8	-1976,7	-7424,8	-4908,1
θ_{15}	1481,8	-3099,5	-978,2	1473,2	-3106,8	-990,1
θ_{16}	2332,2	-4554,7	-1321,8	2343,3	-4544,8	-1308,1
K_j	1807,0	1772,9	1600,0	1808,8	1774,2	1600,9

Відповідні процедури оптимізації рішення у рамках цього критерію припускають:

- введення додаткового рядка для матриці корисності;
- її елементи (по стовпцях) заповнюються середнім арифметичним показником (середнім значенням прибутку для відповідного вирішення у відповідному стовпці матриці);
- з усіх таких показників додаткового рядка визначається самий кращий (найбільший за середньою величиною прибутку);
- відповідне рішення приймається в якості найкращого.

Реалізація вказаних процедур представлена в табл. 4.

Найкраще для ОПР рішення при використанні нейтрального критерію – рішення X_4 . Крім того практично еквівалентним йому буде рішення X_1 . До речі, і для інших аналізованих рішень відповідні показники критерію дають дуже близькі результати.

Необхідно вказати, що особливістю нейтрального критерію є те, що вибране цим критерієм рішення забезпечує найбільший очікуваний кінцевий економічний результат, в середньому, при великому числі реалізацій експерименту (які б не були реалізації випадкових подій з повної групи подій в кожному окремому експерименті). Проте при цьому неявно передбачається, що при використанні такого критерію ОПР:

- з одного боку, планує повторювати відповідну операцію бізнесу багаторазово;
- а з іншого боку, вважає (чи відповідно приймає у рамках моделі), що випадкові події, що формалізують повну групу подій, – рівноймовірні.

Вибір на основі критерію Севіджа (S-критерій). Цільова функція критерію Севіджа [5, с. 239; 9; 10]:

$$Z_S = \min_j \{K_j\}, \quad (4)$$

$$\text{де } K_j = \max_i \{l_{ij}\}; \quad l_{ij} = \max_j \{a_{ij}\} - a_{ij}$$

(тут враховано, що матриця корисності для аналізованої моделі транспонована).

Процедури оптимізації рішення у рамках цього критерію припускають спочатку побудову спеціальної допоміжної матриці, яка називається в теорії матрицею ризиків або матрицею втрат. А саме, її елементи, якраз, і визначаються приведеними вище формулами для l_{ij} . Ці елементи

характеризують відповідні втрати в прибутку відносно ідеальної або утопічної ситуації що умовно припускає, що ОПР завжди буде «знати» / «вгадувати», яка саме з ситуацій повної групи подій буде реалізована.

Таблиця 5 – Матриця втрат для вибору найкращого рішення за критерієм Севіджа [5, с. 239]
Table 5 – The loss matrix for choosing the best solution by the Savage criterion [5, p. 239]

Подія	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
θ_1	4058,7	0,0	2198,7	4068,3	7,4	2210,6
θ_2	6083,0	9,9	3257,0	6071,9	0,0	3243,3
θ_3	4058,7	0,0	2198,7	4067,3	7,4	2210,6
θ_4	6083,0	9,9	3257,0	6071,9	0,0	3243,3
θ_5	6618,7	0,0	3478,7	6627,3	7,4	3490,6
θ_6	9923,0	9,9	5177,0	9911,9	0,0	5163,3
θ_7	6938,7	0,0	3638,7	6947,3	7,4	3650,6
θ_8	10403,0	9,9	5417,0	10391,9	0,0	5403,3
θ_9	0,0	6181,3	3260,0	8,6	6188,6	3271,9
θ_{10}	11,1	9298,0	4865,1	0,0	9288,1	4851,4
θ_{11}	0,0	7461,3	3900,0	8,6	7468,6	3911,9
θ_{12}	11,1	11218,1	5825,1	0,0	11208,1	5811,4
θ_{13}	0,0	3621,3	1980,0	8,6	3628,6	1991,9
θ_{14}	11,1	5458,1	2945,1	0,0	5448,1	2931,4
θ_{15}	0,0	4581,3	2460,0	8,6	4588,6	2471,9
θ_{16}	11,1	6898,1	3665,1	0,0	6888,1	3651,4
K	10403,0	11218,1	5825,1	10391,9	11208,1	5811,4

Подальші процедури знаходження найкращого/оптимального рішення у рамках цього критерію (після побудови вказаної матриці ризиків або втрат) передбачають:

- введення додаткового рядка для матриці втрат;
- її елементи(по стовпцях) заповнюються самим гіршим показником (найбільшим значенням втрат в прибутку для відповідного вирішення при можливих різних реалізаціях випадкових подій формалізованої повної групи подій);
- з усіх таких показників додаткового рядка визначається найкращий (самий менший за величиною втрат в прибутку);
- відповідне рішення приймається в якості найкращого.

Реалізація вказаних процедур представлена в табл. 5.

Найкраще для ОПР рішення при використанні критерію Севіджа – рішення X_6 . Гідною альтернативою йому у рамках цього критерію виявляється тільки рішення X_3 (порівняйте їх показники K_j).

Зауважимо, що обидва ці рішення базуються на стратегії диверсифікації постачань між аналізованими постачальниками.

Відзначимо, що найкраще рішення за цим критерієм припускає (на відміну від розглянутих раніше критеріїв) саме диверсифікацію постачань між аналізованими постачальниками.

Як бачимо, дана стратегія дає найкращий гарантований результат у відповідному контексті(для величини втрат прибутку) саме при стратегії що припускає диверсифікацію ризиків таких втрат. Крім того, з теорії ухвалення рішень в умовах невизначеності добре відомо, що особливістю критерію Севіджа також є наступне. Лінії рівня вказаного критерію «націлені» або «орієнтовані» на «утопічну точку» поля корисності, якій відповідають найбільші значення прибутків / виручки стосовно кожній з можливих випадкових подій, що впливають на економічний результат. Зокрема, у зв'язку з цим окремо звернемо увагу на те, що найкраще рішення за цим критерієм, як видно з цього прикладу, припускає не просто диверсифікацію постачань між аналізованими постачальниками, але і орієнтує при цьому СВЛ на оптимістичніший сценарій реалізації попиту на товар.

Вибір на основі критерію Гурвиця (HW-критерій). Цільова функція критерію Гурвиця [5, с. 240; 9; 10]:

$$Z_{HW} = \max_j \{K_j\}, \quad (5)$$

де $K_j = c \cdot \min_i \{a_{ij}\} + (1-c) \cdot \max_i \{a_{ij}\}$; c – відповідний «ваговий» коефіцієнт, що приймає

значення $c \in [0,1]$, причому вибір коефіцієнта c реалізує ОПР.

Необхідно нагадати, що у рамках даної моделі оптимальне рішення шукається по транспонованій матриці корисності. Відповідні процедури оптимізації рішення у рамках цього критерію в цьому випадку припускають:

- введення додаткового рядка для матриці корисності;
- її елементи(по стовпцях) заповнюються середнім арифметичним зваженим значенням для показників двох раніше представлених критеріїв, – саме максимального і оптимістичного критеріїв, причому параметр c – відповідний «ваговий» коефіцієнт для показника максимального критерію;
- з усіх таких середньозважених показників додаткового рядка визначається самий кращий (найбільший за величиною прибутку);
- відповідне рішення приймається в якості найкращого в рамках критерію Гурвиця при заданому відношенні ОПР до ризику відхилення результату на основі вибраного значення параметра c .

Таблиця 6 – Матриця втрат для вибору найкращого рішення за критерієм Гурвиця [5, с. 241]

Table 6 – The loss matrix for choosing the best solution by the Hurwitz criterion [5, p. 241]

Подія	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
θ_1	1161,8	5220,5	3021,8	1152,2	5213,2	3009,9
θ_2	1852,2	7925,3	4678,2	1863,3	7935,2	4691,9
θ_3	4361,8	8420,5	6221,8	4353,2	8413,2	6209,9
θ_4	6652,2	12725,3	9478,2	6663,3	12735,2	9491,9
θ_5	-1398,2	5220,5	1741,8	-1407,8	5213,2	1729,9
θ_6	-1987,8	7925,3	2758,2	-1976,7	7935,2	2771,9
θ_7	1481,8	8420,5	4781,8	1472,2	8413,2	4769,9
θ_8	2332,2	12725,3	7318,2	2343,3	12735,2	7331,9
θ_9	1161,8	-5019,5	-2098,2	1153,2	-5026,8	-2110,1
θ_{10}	1852,2	-7434,7	-3001,8	1863,3	-7424,8	-2988,1
θ_{11}	4361,8	-3099,5	461,8	4353,2	-3106,8	449,9
θ_{12}	6652,2	-4554,7	838,2	6663,3	-4544,8	851,9
θ_{13}	-1398,2	-5019,5	-3378,2	-1406,8	-5026,8	-3390,1
θ_{14}	-1987,8	-7434,7	-4921,8	-1976,7	-7424,8	-4908,1
θ_{15}	1481,8	-3099,5	-978,2	1473,2	-3106,8	-990,1
θ_{16}	2332,2	-4554,7	-1321,8	2343,3	-4544,8	-1308,1
K_j $c = 1$	-1987,8	-7434,7	-4921,8	-1976,7	-7424,8	-4908,1
K_j $c = 0,9$	-1123,8	-5418,7	-3481,8	-1112,7	-5408,8	-3468,1
K_j $c = 0,8$	-259,8	-3402,7	-2041,8	-248,7	-3392,8	-2028,1
K_j $c = 0,7$	604,2	-1386,7	-601,8	615,3	-1376,8	-588,1
K_j $c = 0,6$	1468,2	629,3	838,2	1479,3	639,2	851,9
K_j $c = 0,5$	2332,2	2645,3	2278,2	2343,3	2655,2	2291,9
K_j $c = 0,4$	3196,2	4661,3	3718,2	3207,3	4671,2	3731,9
K_j $c = 0,3$	4060,2	6677,3	5158,2	4071,3	6687,2	5171,9
K_j $c = 0,2$	4924,2	8693,3	6598,2	4935,3	8703,2	6611,9
K_j $c = 0,1$	5788,2	10709,3	8038,2	5799,3	10719,2	8051,9
K_j $c = 0$	6652,2	12725,3	9478,2	6663,3	12735,2	9491,9

Необхідно зауважити, що для знаходження середньозважених показників K_j додаткового рядка матриці корисності при використанні критерію Гурвиця зручно поступати таким чином. Заздалегідь можна заповнити два допоміжні додаткові рядки такої матриці з показниками додаткових рядків матриць корисності, що відповідають критеріям ММ і Н (позначимо такі показники далі через K_{MMj} і K_{Hj} відповідно). Після цього показники K_j додаткового рядка матриці корисності для критерію Гурвиця при заданому значенні параметра з визначаємо за формулою:

$$K_j = c \cdot K_{MMj} + (1-c) \cdot K_{Hj} \quad (6)$$

Також необхідно вказати, що тут c виконує роль відповідного «вагового» коефіцієнта приймаючого значення з інтервалу $c \in [0,1]$. Вибір такого «вагового» коефіцієнта реалізує безпосередньо ОПР, щоб максимально адаптувати вибір до особливостей саме своїх переваг. Реалізація вказаних процедур стосовно розрахунків для випадків різних значень «вагового» коефіцієнта представлена в табл. 6. Для повнішої ілюстрації вказаних процедур, що відповідають розрахунки в рамках критерію Гурвиця наведені нижче для випадків різних відношень ОПР до ризику втрат прибутку (як кінцевого економічного результату) в рамках аналізованих рішень, коли «ваговий» коефіцієнт набуває значень від $c = 1$ і до $c = 0$ (з кроком 0,1). Реалізація даних процедур щодо розрахунків для вказаних випадків представлена в табл. 6.

Найкраще для ОПР рішення у випадку використання критерію Гурвиця при різних значеннях параметра c також, як бачимо, будуть різними. А саме: при $c = 0$ – рішення X_5 ; при $c = 0,1$ – рішення X_5 ; при $c = 0,2$ – рішення X_5 ; при $c = 0,3$ – рішення X_5 ; при $c = 0,5$ – рішення X_5 ; при $c = 0,6$ – рішення X_4 ; при $c = 0,7$ – рішення X_4 ; при $c = 0,8$ – рішення X_4 ; при $c = 0,9$ – рішення X_4 ; при $c = 1$ – рішення X_4 .

Як бачимо, при обережнішій позиції СВЛ до невизначеності кінцевого економічного результату ($c > 0,5$) передбачається орієнтація на постачальника I, а при оптимістичнішій або ризикованою ($c \leq 0,5$) – на постачальника II.

Особливістю критерію Гурвиця є те, що структура процедур вибору рішення при цьому критерії передбачають використання «зваженого» поєднання показників відповідно максимального критерію (критерію песимізму) і оптимістичного критерію. Це дозволяє ОПР регулювати лінії рівня такого критерію на власний розсуд (у межах від крайнього песимізму до крайнього оптимізму) за рахунок вибору відповідного «вагового» коефіцієнта c . Тим самим, вибір найкращого рішення буде реалізований з урахуванням відношення ОПР до ризику втрат аналізованого кінцевого економічного результату. Зокрема, цю особливість ілюструють і представлені вище розрахунки в межах даного умовного прикладу. А саме, слід звернути увагу на те, що:

- при c близьких до 1 вибір виявляється таким же, як і вибір вкрай песимістичного максимального критерію (того, що відповідає граничній ситуації, коли апіорі приймається $c = 1$);
- при c близьких до 0 вибір виявляється таким же, як і вибір вкрай оптимістичного критерію (що відповідає граничній ситуації, коли апіорі приймається $c = 0$).

Висновки.

Аналіз наукових досліджень проблеми прийняття рішення в умовах невизначеності дав змогу з'ясувати, що основними етапами впровадження даної методології є формування та вибір: 1) вихідних даних (річне споживання продукції, накладні витрати на кожне постачання, ціна закупівлі одиниці продукції від постачальників, ціна реалізації одиниці продукції); 2) повної групи подій; 3) переліку аналізованих альтернативних рішень; 4) матриці корисності; 5) критеріїв прийняття рішення (ММ-критерій, Н-критерій, N-критерій, S-критерій, HW-критерій).

Подальші дослідження проблеми прийняття рішення в умовах невизначеності необхідно проводити у напрямі пошуку складових критеріїв з урахуванням усіх ризиків, які можливі в системах управління постачаннями.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Джеймс Р. Сток. Стратегическое управление логистикой / Джеймс Р. Сток, Дуглас М. Ламберт; пер. с 4-го англ. изд. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 797 с.
2. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / [Сергеев В. И., Белов Л. Б., Дыбская В. В и др.]; под ред. В. И. Сергеева. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 976 с.

3. Эддоус М. Методы принятия решений: пер. с англ. / М. Эддоус, Р. Стэнфилд; пер. с англ. С. А. Лукин [и др.]; под ред. член-корр. РАН И. И. Елисеевой. – М.: Аудит, ЮНИТИ, 1997. – 590 с.
4. Мушик Э. Методы принятия технических решений / Э. Мушик, П. Мюллер / [Пер. с нем. Н. В. Васильченко, В. А. Душского]. – М.: Мир, 1990. – 208 с.
5. Бродецкий Г. Л. Системный анализ в логистике. Выбор в условиях неопределенности / Г. Л. Бродецкий. – М.: Academia, 2010. – 336 с.
6. Бродецкий Г. Л. Возможности оптимизации модели управления запасами в условиях неопределенности / Г. Л. Бродецкий, Д. А. Гусев // Логистика и управление цепями поставок. – 2006. – №6 (17). – С. 74-85.
7. Орлов А. И. Теория принятия решений: учеб. пособ. / А. И. Орлов. – М.: Издательство «Экзамен», 2005. – 656 с.
8. Розен В. В. Математические модели принятия решений в экономике / В. В. Розен. – М.: Книжный дом «Университет», 2002. – 288 с.
9. Бланк И. А. Принятие решений в условиях риска и неопределенности / И. А. Бланк [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.management.com.ua/qm/qm215.html>
10. Лабскер Л. Г. Общая методика конструирования критериев оптимальности решений в условиях риска и неопределенности / Л. Г. Лабскер, Е. В. Яновская // Финансовый менеджмент. – 2002. – №5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.finman.ru/articles/2002/5/642.html>

REFERENCES

1. James R. Stock, Douglas M. Lambert (2005). Strategicheskoe upravlenie logistikoy [Strategic Logistics Management]. Moscow, INFRA-M, Publ. [in Russian].
2. Sergeev B. I., Belov L. B., Dybskaya V. V., Ivanov V. V., Zaytsev E. I., Sterligova A. N. (2005). Korporativnaya logistika. 300 otvetov na voprosi professionalov [Corporate Logistics 300 answers to the questions of professionals]. Moscow, INFRA-M Publ. [in Russian].
3. M. Eddous, R. Stansfield (1997). Metody prinyatiya resheniy [Methods of Decision Making]. Moscow, AUDIT, UNITY, Audit Publ. [in Russian].
4. Mushik E., Muller P. (1990). Metody prinyatiya tekhnicheskikh resheniy [Methods of making technical decisions]. Moscow, Mir Publ. [in Russian].
5. Brodetskiy G. L. (2010). Sistemny analiz v logistike [System analysis in logistics. The choice in conditions of uncertainty]. Moscow, Academia Publ. [in Russian].
6. Brodetskiy G. L. & Gusev D. A. (2006). Vozmozhnosti optimizatsii modeli upravleniya zapasami v usloviyakh neopredelennosti [Opportunities to optimize the model of inventory management in conditions of uncertainty]. *Logistika i upravlenie tsepyami postavok – Logistics and Supply Chain Management*, 6(17), 74-85. [in Russian].
7. Orlov A. I. (2005). Teoriya prinyatiya resheniy [Decision theory]. Moscow, Ekzamen Publ. [in Russian].
8. Rozen V. V. (2002). Matematicheskie modeli prinyatiya resheniy [Mathematical models of decision-making in economics]. Moscow, Universitet Publ. [in Russian].
9. Blank I. A. Prinyatiya resheniy v usloviyakh neopredelennosti [Decision-making under risk and uncertainty: electronic resource]. *management.com.ua*. Retrieved from <http://www.management.com.ua/qm/qm215.html> [in Ukrainian].
10. Labsker L. G., Yanovskaya E. V. (2002). Obshchaya metodika konstruirovania kriteriev optimalnosti reshenii v usloviyakh riska i neopredelennosti [General methodology for constructing criteria for optimality of solutions under risk and uncertainty conditions: electronic resource]. *Finansovii menedzhment – Financial management*, 5, Retrieved from <http://www.finman.ru/articles/2002/5/642.html> [in Russian].

РЕФЕРАТ

Хаврук В.О. Модель управління запасами в умовах невизначеності з використанням традиційних критеріїв / В.О. Хаврук // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2020. – Вип. 1 (46).

В статті розглядається порядок формування моделі управління запасами в умовах невизначеності та вироблення відповідного рішення на основі таких традиційних критеріїв, як: ММ-критерій, Н-критерій, N-критерій, S-критерій, HW-критерій.

Об'єкт дослідження – система управління запасами.

Мета роботи – провести дослідження моделі управління запасами в умовах невизначеності і з'ясувати основні традиційні критерії прийняття відповідних рішень.

Метод дослідження – аналіз та формалізація: кількісних показників запасів, методики формування групи подій, альтернативних рішень і розрахунку основних традиційних критеріїв оптимізації моделі управління запасами в умовах невизначеності.

Встановлено, що методологія прийняття рішень в умовах невизначеності припускає формалізацію сценарного підходу. Модель управління запасами в умовах невизначеності складається з таких послідовних етапів, як: 1) збір статистичних вихідних даних (річне споживання продукції, накладні витрати на кожне постачання, ціна закупівлі одиниці продукції від постачальників, ціна реалізації одиниці продукції); 2) формування повної групи можливих подій; 3) формування переліку аналізованих альтернативних рішень; 4) складання матриці корисності; 5) вибір відповідного традиційного критерію прийняття рішення.

З'ясовано, що при наявності двох альтернативних постачальників однотипної продукції може виникнути одна із шістнадцяти випадкових подій. В основі кожної випадкової події враховуються такі показники, як: річне споживання, ціна реалізації одиниці продукції, претензії споживачів до якості. В сукупності ці події становлять повну групу подій.

Виконана побудова матриці корисності (очікуваного річного прибутку) для шістнадцяти випадкових подій на основі показників річного споживання і ціни реалізації продукції.

Розглянуті та приведені розрахунки традиційних критеріїв оптимізації моделі управління запасами в умовах невизначеності.

Обґрунтовано застосування моделі управління запасами в умовах невизначеності та прийняття відповідних рішень в залежності від настання однієї із шістнадцяти подій на основі таких традиційних критеріїв, як: ММ-критерій, Н-критерій, N-критерій, S-критерій, НВ-критерій.

Результати статті можуть бути використані для підвищення ефективності управління запасами продукції будь-якими суб'єктами підприємницької діяльності, у випадку, коли виникає проблема незадоволеного попиту споживачів.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – розробка і уточнення моделі управління запасами в умовах невизначеності при наявності трьох і більше альтернативних постачальників однотипної продукції з використанням комп'ютерних програмних продуктів та їх впровадження в практичну діяльність підприємств.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ДОХІД, ЗАПАС, КОЕФІЦІЄНТ, КРИТЕРІЙ, МАТРИЦЯ КОРИСНОСТІ, МОДЕЛЬ, ПОДІЯ, ПОСТАЧАЛЬНИК, ПРИБУТОК, ПРОДУКЦІЯ, РІШЕННЯ, СИТУАЦІЯ, СПОЖИВАННЯ, СЦЕНАРІЙ, ЦІЛЬОВА ФУНКЦІЯ.

ABSTRACT

Khavruk V.O. Model of management of stocks under conditions of uncertainty with the use of traditional criteria. Visnyk National Transport University. Series «Engineering sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2020. – Issue 1 (46).

In article it is considered the procedure for the formation of a stock management model in conditions of uncertainty and the development of an appropriate solution based on such traditional criteria as the MM-criterion, the H-criterion, the N-criterion, the S-criterion, the HW-criterion.

Object of research – inventory management system.

Purpose of the study – to study the model of inventory management in conditions of uncertainty and to clarify the basic traditional criteria for making appropriate decisions.

Method of the study – the analysis and formalization: quantitative indicators of reserves, methods of forming a group of events, alternative solutions and calculation of the main traditional criteria for optimizing the model of inventory management under uncertainty.

It is established that the methodology of decision-making under uncertainty presupposes the formalization of the scenario approach. The model of inventory management in conditions of uncertainty consists of the following consecutive stages, such as: 1) the collection of statistical output data (annual consumption of products, overhead for each supply, the price of purchasing a unit of production from suppliers, the selling price of a unit of production); 2) the formation of a complete group of possible events;

3) the formation of a list of alternative solutions under consideration; 4) compiling a utility matrix; 5) choosing the appropriate traditional criterion for making a decision.

It was found out that, in the presence of two alternative suppliers of the same type of products, one of sixteen random events may occur. At the heart of every random event are taken into account such indicators as: annual consumption, unit selling price, consumers' claims on quality. Together, these events constitute a complete group of events.

The utility matrix (the expected annual income) was constructed for sixteen random events based on the annual consumption and the price of sales.

Calculations of traditional criteria for optimizing the inventory management model under conditions of uncertainty are considered and presented.

The application of the inventory management model in conditions of uncertainty and decision-making is substantiated depending on the onset of one of the sixteen events based on such traditional criteria as: MM-criterion, H-criterion, N-criterion, S-criterion, HW-criterion.

The results of the article can be used to improve the efficiency of inventory management by any business entities, in the event that there is a problem of unmet consumer demand.

The forecast assumptions for the development of the research object are the development and refinement of the model of inventory management in the conditions of uncertainty in the presence of three or more alternative suppliers of the same type of products using software products and their introduction into the practical activities of enterprises.

KEYWORDS: INCOME, RESERVE, COEFFICIENT, CRITERIA, MATRIX OF USEFUL, MODEL, EVENT, SUPPLIER, PROFIT, PRODUCTION, SOLUTION, SITUATION, CONSUMPTION, SCENARIO, TARGET FUNCTION.

РЕФЕРАТ

Хаврук В.А. Модель управления запасами в условиях неопределенности с использованием традиционных критериев / В.А. Хаврук // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2020. – Вып. 1 (46).

В статье рассматривается порядок формирования модели управления запасами в условиях неопределенности и выработки соответствующего решения на основе таких традиционных критериев, как: ММ-критерий, Н-критерий, N-критерий, S-критерий, HW-критерий.

Объект исследования – система управления запасами.

Цель работы – провести исследование модели управления запасами в условиях неопределенности и выяснить основные традиционные критерии принятия соответствующих решений.

Метод исследования – анализ и формализация: количественных показателей запасов, методики формирования группы событий, альтернативных решений и расчета основных традиционных критериев оптимизации модели управления запасами в условиях неопределенности.

Установлено, что методология принятия решений в условиях неопределенности предполагает формализацию сценарного подхода. Модель управления запасами в условиях неопределенности состоит из следующих последовательных этапов, таких как: 1) сбор статистических выходных данных (годовое потребление продукции, накладные расходы на каждую поставку, цена закупки единицы продукции от поставщиков, цена реализации единицы продукции); 2) формирование полной группы возможных событий; 3) формирование перечня рассматриваемых альтернативных решений; 4) составление матрицы полезности; 5) выбор соответствующего традиционного критерия принятия решения.

Выяснено, что при наличии двух альтернативных поставщиков однотипной продукции может возникнуть одна из шестнадцати случайных событий. В основе каждого случайного события учитываются такие показатели, как: годовое потребление, цена реализации единицы продукции, претензии потребителей к качеству. В совокупности эти события составляют полную группу событий.

Выполнено построение матрицы полезности (ожидаемого годового дохода) для шестнадцати случайных событий на основе показателей годового потребления и цены реализации продукции.

Рассмотрены и приведены расчеты традиционных критериев оптимизации модели управления запасами в условиях неопределенности.

Обосновано применение модели управления запасами в условиях неопределенности и принятия соответствующих решений в зависимости от наступления одного из шестнадцати событий на основе

таких традиционных критериев, как: ММ-критерий, Н-критерий, N-критерий, S-критерий, HW-критерий.

Результаты статьи могут быть использованы для повышения эффективности управления запасами продукции любыми субъектами предпринимательской деятельности, в случае, когда возникает проблема неудовлетворенного спроса потребителей.

Прогнозные предположения по развитию объекта исследования – разработка и уточнение модели управления запасами в условиях неопределенности при наличии трех и более альтернативных поставщиков однотипной продукции с использованием программных продуктов и их внедрение в практическую деятельность предприятий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ДОХОД, ЗАПАС, КОЭФФИЦИЕНТ, КРИТЕРИЙ, МАТРИЦА ПОЛЕЗНОСТИ, МОДЕЛЬ, СОБЫТИЕ, ПОСТАВЩИК, ПРИБЫЛЬ, ПРОДУКЦИЯ, РЕШЕНИЕ, СИТУАЦИЯ, ПОТРЕБЛЕНИЕ, СЦЕНАРИЙ, ЦЕЛЕВАЯ ФУНКЦИЯ.

АВТОР

Хаврук Володимир Олександрович, Національний транспортний університет, асистент кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, e-mail: khavruk@gmail.com, тел.+380950187190, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка 1, к.410.

AUTHOR

Khavruk Volodymir, National Transport University, assistant to chair of technical operation of cars and autoservice, e-mail: khavruk@gmail.com, tel.+380950187190, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovycha-Pavlenka str. 1, of. 410.

АВТОР

Хаврук Владимир Александрович, Национальный транспортный университет, ассистент кафедры технической эксплуатации автомобилей и автосервиса, e-mail: khavruk@gmail.com, тел.+380950187190, Украина, 01010, г. Киев, ул. Омеляновича-Павленко 1, к. 410.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Брегіда Федір Миколайович, кандидат технічних наук, ДП «ДЕРЖАВТОТРАНСПОРТПРОЕКТ», завідувач Відділу дослідження та нормативно-правового забезпечення у сфері технічної експлуатації дорожніх транспортних засобів, e-mail: to@insat.org.ua, тел.+380442010806, Україна, 03113, м. Київ, пр. Перемоги 57, к.714.

Посвятенко Едуард Карпович, доктор технічних наук, Національний транспортний університет, професор кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, тел.+380442809805, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка 1, к.102.

REVIEWER:

Bregida Fedir, Candidate of Science (Engineering), DP «DERGAUTOTRANSNDIPROJECT», Head of Department of research and is standard-legal maintenance in sphere of technical operation of road vehicles, e-mail: to@insat.org.ua, tel.+380442010806, Ukraine, 03113, Kyiv, pr. Peremogy 57, of. 714.

Posviatenko Eduard, Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, department of manufactures, repair and materials technology, Kyiv, tel.+380442010806, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovycha-Pavlenka str. 1, of. 102.